

VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DI DIVERSI DISPOSITIVI E DETERGENTI PER IL LAVAGGIO ESTERNO DELLE MACCHINE IRRORATRICI

D. ALLOCHIS, M. GRELLA, P. MARUCCO, P. BALSARI

Università degli Studi di Torino – Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari

(DiSAFA) – L.go P. Braccini, 2 Grugliasco (TO)

marco.grella@unito.it

RIASSUNTO

I lavaggi interni ed esterni di una macchina irroratrice, oltre ad essere operazioni utili per preservare l'integrità e la funzionalità dell'attrezzatura, sono importanti per ridurre i rischi di inquinamento ambientale ed evitare il pericolo di contaminazione dell'operatore. Al fine di valutare l'efficienza di diversi dispositivi e prodotti detergenti sono state realizzate tre differenti tipologie di prove per verificare: a) l'influenza dei principali parametri operativi sull'efficienza del lavaggio, b) l'efficienza di lavaggio ottenuta con differenti dispositivi e c) l'incremento dell'efficienza di lavaggio grazie all'utilizzo di prodotti detergenti specifici. Le prove sono state condotte imbrattando con dell'ossicloruro di rame un'irroratrice da vigneto convenzionale con ventola assiale che successivamente è stata sottoposta alle operazioni di lavaggio. L'efficienza di lavaggio è stata determinata attraverso prove di laboratorio volte a misurare i quantitativi di ossicloruro rimosso con i lavaggi rispetto a quello inizialmente presente sulla macchina. Sulla base delle prime prove sperimentali si può affermare che l'impiego di alcuni detergenti può aumentare in maniera sostanziale l'efficienza di lavaggio anche con quando si opera con quantitativi limitati di acqua. Per contro i dispositivi ed i relativi parametri operativi non sono risultati determinanti nell'incrementare l'efficienza di lavaggio.

Parole chiave: contaminazione esterna dell'irroratrice, pulizia esterna dell'irroratrice, spazzola, pistola, lancia, detergenti

SUMMARY

ASSESSMENT OF EXTERNAL SPRAYER CLEANING EFFICIENCY USING DIFFERENT DEVICES AND CLEANING AGENTS

The internal and external cleaning of a sprayer are useful and important operations both to preserve the integrity and functionality of the equipment and to reduce the risks of environmental pollution avoiding at the same time the contamination of the operator. Three tests were carried out aimed at evaluating the cleaning efficiency of a) operating parameters, b) cleaning devices and c) specific cleaning agents. The tests were carried out contaminating with copper oxychloride a conventional axial fan vineyard sprayer that was subsequently washed. The cleaning efficiency was evaluated through laboratory tests to measure the amount of oxychloride removed with washes compared to that initially present on the sprayer.

On the basis of the first experimental tests it is possible to state that the use of specific cleaning agents can substantially increase the washing efficiency even with limited amount of water used. On the other hand, the devices and the relative operating parameters were not determinant to increase cleaning efficiency when associated with limited amount of water.

Keywords: sprayer external contamination, sprayer external cleaning, brush, spray guns, lance, cleaning agents

INTRODUZIONE

La contaminazione da prodotti fitosanitari ha assunto una rilevanza sempre maggiore negli ultimi decenni grazie ad una maggiore sensibilizzazione e ad un interesse sempre più crescente per quanto riguarda la salvaguardia dell'ambiente e delle acque, la sicurezza dell'operatore e quella del prodotto finale.

Come dimostrato da diversi studi condotti soprattutto in nord Europa (Kreuger, 1998; Maillet-Mazeray et al., 2004; Neal et al., 2006) una delle principali fonti di inquinamento delle acque (superficiali o di falda) da fitofarmaci è dovuta per il 50% - 70% a contaminazioni definite di tipo puntiforme perché oltre a verificarsi su una superficie di suolo limitata si ripetono sistematicamente nel tempo.

A causa delle modalità con cui vengono svolte, le operazioni di lavaggio interno ed esterno di una macchina irroratrice al termine di un trattamento, se non vengono eseguite correttamente e con la dovuta attenzione, possono rappresentare al pari della fase di preparazione e distribuzione della miscela fitoiatrice una fonte di contaminazione e costituire un rischio non solo per l'ambiente ma anche per l'operatore che effettua il trattamento.

Per questo motivo risulta estremamente importante valutare attentamente la procedura con cui realizzare tali operazioni in modo da garantire da un lato la massima efficienza di decontaminazione della macchina preservandone l'integrità e la funzionalità e, dall'altro di ridurre al minimo i rischi di inquinamento.

In questi anni sono stati effettuati numerosi studi e ricerche sull'impiego sostenibile e sicuro dei fitofarmaci che hanno riguardato anche la fase di pulizia dell'irroratrice alla fine di un trattamento ed hanno preso in considerazione diversi aspetti legati ad esempio alle modalità di esecuzione dei lavaggi delle attrezzature in campo (Balsari e Marucco, 2017; Balsari et al., 2006) o all'entità ed al tipo di contaminazione delle superfici dell'irroratrice (Ramwell et al., 2007) e alla contaminazione delle acque di lavaggio (Balsari et al., 2016).

Per quanto concerne la pulizia esterna di un'irroratrice ci sono però alcuni aspetti che possono influenzarne in maniera più o meno significativa l'efficienza, che ad oggi non sono stati ancora approfonditi e sono invece stati oggetto delle prove della presente ricerca.

MATERIALI E METODI

Le prove effettuate sono state precedute dalla messa a punto della metodologia da utilizzare per la pulizia esterna di un'irroratrice e dalla scelta delle soluzioni tecniche e dei parametri operativi da utilizzare nel corso delle prove. In particolare, si è proceduto a definire: a) la scelta dei parametri operativi da utilizzare per il lavaggio, (pressione di esercizio e quantità di acqua); b) i dispositivi per il lavaggio da utilizzare; c) i prodotti detergenti specifici da impiegare per agevolare la rimozione dei residui dei trattamenti dalle superfici contaminate dell'irroratrice.

Per valutare questi tre aspetti sono state condotte diverse prove preliminari realizzando il lavaggio esterno di un'irroratrice precedentemente imbrattata con una soluzione di ossicloruro di rame avente una concentrazione nota.

Dispositivi di lavaggio e prodotti detergenti impiegati nelle prove

L'individuazione dei dispositivi di lavaggio e dei prodotti detergenti da utilizzare nelle prove è stata effettuata attraverso un'indagine condotta presso alcuni costruttori di macchine irroratrici e rivenditori/produttori di detergenti per la pulizia esterna di queste attrezzature.

Nell'indagine, oltre a prendere in considerazione le tipologie ed i modelli più diffusi, tra quelli normalmente forniti in dotazione alle irroratrici sono state anche considerate le principali configurazioni e modalità di utilizzo dei dispositivi.

Grazie alle informazioni raccolte è stato possibile individuare i seguenti quattro dispositivi che sono stati poi confrontati nelle prove: 1) pistola Braglia mod. “Turbo 400”, 2) lancia (mitra) Braglia mod. 22.901.161, 3) lancia Braglia mod. “Spot 600”, 4) spazzola montata su un’asta di 500 mm e dotata di un foro per l’erogazione del liquido posizionato fra le setole (fornita dalla Ditta Caffini).

Per quanto riguarda i detergenti, a seguito di quanto emerso dall’indagine condotta sono stati individuati i sei prodotti indicati in tabella 1:

Tabella 1. Tipologia di detergenti e relativi dosaggi utilizzati nelle prove

Detergenti	Tipo di prodotto	Composizione	Dose (mL/L)	Concentrazione (%)	Quantità usata nei lavaggi (mL)
A	Detergente tensioattivo non ionico	Etanolo, D-glucopiranosio, oligomers, decyloctyl glycosides, 2-aminoetanolo, idrossido di potassio	da 20 a 80	da 2 a 8	250 (5%)
B	Miscela ossidante	3-5% Permanganato di potassio	20	2	100 (2%)
C	Miscela bilanciata di sequestranti e tensioattivi	Acido benzene sulfonico, acido bifosfonico, glicole dipropilenico metil etere, alcoli C12-15, etossilati, 2-amino-entanololo	da 2,5 a 5	da 0,25 a 0,5	25 (0,5%)
D	Miscela acida antiossidante	-----	200	20	1000 (20%)
E	Detergente inorganico basico	Idrossido di sodio	5	0.5	25 (0,5%)
F	Miscela acida disincrostante (specifica per diserbanti)	Acido fosforico, ammonio fluoruro, a-(2-propylhetpyl)-hydroxy-ammonium hydrogen fluoride, 1-2-hetanediyl	100	10	500 (10%)

Il confronto dei 6 differenti prodotti è stato realizzato utilizzando la pistola con l’ugello con foro di diametro di 1,5 mm, una pressione di esercizio di 10 bar e un tempo di asciugatura dell’irroratrice dopo l’imbrattamento di 24h.

I risultati ottenuti con i detergenti sono stati confrontati con quelli ottenuti nei test svolti con le medesime modalità operative impiegando acqua pulita.

Al fine di valutare l'influenza dei parametri operativi sull'efficienza di lavaggio con la sola pistola sono state impiegate 3 differenti pressioni di esercizio (3, 10 e 15 bar) e 4 ugelli caratterizzati da differenti dimensioni del foro di uscita del liquido (\varnothing del foro: 1; 1,2; 1,5; 2,2 mm) in grado quindi di produrre gocce di differenti dimensioni (tabella 2).

Il tempo di asciugatura dell'irroratrice dopo l'imbrattamento è stato pari a un'ora. Le dimensioni delle gocce prodotte dal dispositivo nelle 12 differenti configurazioni (3 pressioni per ciascuno dei 4 tipi di ugello), sono state misurate utilizzando uno specifico strumento di misura a diffrazione laser Malvern Spraytec.

Tabella 2. Parametri operativi utilizzati nelle prove con la pistola svolte con acqua pulita e tempo di asciugatura dell'irroratrice di 1h

Ugello (\varnothing mm)	Pressione (bar)	Portata (L/min)	Tempo di lavaggio (min)	Volume totale erogato (L)	Dimensione delle gocce (μ m)
1	3	0,49	10	5	167
	10	2,08	2,4	5	114
	15	2,45	2	5	102
1.2	3	0,72	7	5	168
	10	2,34	2,2	5	116
	15	3,1	1,5	5	109
1.5	3	0,92	5,4	5	170
	10	3,12	1,6	5	118
	15	4,2	1,2	5	108
2.2	3	1,44	3,3	5	191
	10	5,42	0,9	5	138
	15	6,3	0,8	5	120

Macchina irroratrice impiegata per le prove

La macchina irroratrice scelta per realizzare le prove è un'attrezzatura per i trattamenti delle colture arboree Dragone modello "Athos" ad aeroconvezione di tipo portato dotata di un serbatoio in polietilene da 200 L.

Luogo di svolgimento delle prove ed allestimento dell'area dei test

Le prove sono state realizzate in un ambiente chiuso (laboratorio) dotato di un apposito sistema di aspirazione e filtrazione dell'aria e con condizioni ambientali controllate (temperatura e umidità costanti e rispettivamente pari a 25°C e 65%).

La macchina irroratrice è stata posizionata nell'area adibita per le prove sospendendola con delle catene ad un'altezza di 50 cm da terra, in modo da poter collocare, al di sotto della stessa, un telo in PVC per la raccolta del liquido impiegato nei lavaggi (figure 1 e 2).

Il telo, dotato centralmente di un foro di scolo sotto cui è stato posizionato un recipiente di 50 L, è stato fissato in modo che le sue pareti circondassero interamente l'irroratrice lasciando tuttavia lo spazio necessario all'operatore per poter effettuare le operazioni di lavaggio.

Figure 1 e 2. Posizionamento dell'irroratrice nell'area in cui sono state realizzate le prove



Metodologia di prova sviluppata

La metodologia con cui sono state realizzate tutte le prove può essere suddivisa in cinque fasi distinte: 1. imbrattamento dell'irroratrice, 2. asciugatura del prodotto spruzzato sulla macchina, 3. procedura di lavaggio del telo di raccolta, 4. pulizia dell'irroratrice mediante i dispositivi ed i prodotti per il lavaggio, 5. pulizia finale dell'irroratrice mediante l'idro-pulitrice. Le prove sono state tutte oggetto di 3 ripetizioni ed i dati delle stesse sottoposti ad analisi della varianza (Anova). Nello specifico, l'Anova a due vie è stata utilizzata per valutare l'influenza dei dispositivi, dei tempi di asciugatura dell'irroratrice, delle dimensioni delle gocce e delle pressioni di esercizio sull'efficienza di lavaggio; l'Anova ad una via per valutare l'influenza dei detergenti. Sono stati anche effettuati test *post hoc* (F test FREGW) per determinare eventuali differenze significative tra pressioni di esercizio e tipologie di detergenti. La significatività statistica è stata sempre considerata per $p < 0,05$.

1. Imbrattamento dell'irroratrice

Per effettuare l'operazione di imbrattamento è stata utilizzata una soluzione di ossicloruro di rame all'1% come previsto dalla ISO 22368-2:2004. Tale soluzione è stata applicata utilizzando un'irroratrice spalleggiata Jacto PJB-20 dotata di un ugello Atr 80 blu (Albuz) montato su una lancia in grado di erogare 1,92 L/min ad una pressione di 3 bar.

Al fine di garantire un imbrattamento uniforme, sono stati applicati 4 L di soluzione effettuando la distribuzione in quattro diverse posizioni attorno alla macchina (frontalmente, posteriormente ed ai due lati).

2. Asciugatura del contaminante applicato sull'irroratrice

Per valutare l'efficienza dei dispositivi di lavaggio impiegati nel corso delle prove sono stati utilizzati due differenti tempi di asciugatura, uno breve (1h) per simulare il lavaggio della macchina effettuato in prossimità del termine dell'applicazione del prodotto fitoiatrico ed uno più lungo (24 h) corrispondente al lavaggio eseguito il giorno successivo al trattamento.

3. Procedura di lavaggio del telo di raccolta

Questa fase è stata realizzata risciacquando ciascuna delle pareti del telo con acqua pulita ad una pressione di ~3 bar, facendo attenzione a non colpire con il getto l'irroratrice imbrattata con il rame. La quantità di acqua impiegata durante questa fase è stata in media di 21 L.

4. Pulizia dell'irroratrice mediante i dispositivi ed i prodotti per il lavaggio

Il lavaggio è stato realizzato distribuendo il liquido con il dispositivo scelto per le prove, tutt'attorno alla macchina nelle 4 posizioni già utilizzate per l'imbrattamento. I tempi di stazionamento in ogni posizione di lavaggio sono stati determinati in funzione dell'ugello e della pressione impiegati, in modo tale da distribuire sempre la medesima quantità di liquido in ogni posizione. La durata complessiva di ciascun lavaggio è variata da un tempo minimo di 50 s fino ad un massimo di 10 min.

Il quantitativo di liquido impiegato per i lavaggi con tre dei dispositivi utilizzati (pistola, mitra e lancia) ad una distanza di erogazione compresa tra 45-50 cm, è stato di 5 L in tutte le prove ed è stato definito facendo riferimento alla capacità complessiva che, secondo la Direttiva Macchine (Direttiva 2009/127/CE) e la relativa norma armonizzata di riferimento (ISO 16119:2013), dovrebbe avere un serbatoio per l'acqua pulita montato su un'irroratrice (10% della capacità del serbatoio principale dell'irroratrice), considerando di poter utilizzare per il lavaggio esterno una quantità non superiore al 50% di quella presente nel serbatoio.

Per le prove con la spazzola, caratterizzata da un funzionamento differente rispetto agli altri tre dispositivi (non genera un getto in pressione in quanto non dispone di un ugello per polverizzare il liquido ma eroga il liquido a pressioni inferiori ai 3 bar), il tempo di lavaggio minimo è stato di circa 6 minuti a cui è corrisposto un quantitativo di acqua utilizzata pari a 85 L.

5. Pulizia dell'irroratrice mediante l'idropulitrice

Per garantire una pulizia completa dell'irroratrice al termine del lavaggio eseguito con i 4 dispositivi oggetto delle prove, è stato effettuato un ulteriore lavaggio impiegando acqua pulita e un'idropulitrice che ha operato con una portata di 10 L/min ed una pressione di 150 bar. Il quantitativo di acqua utilizzata per questa operazione è stato in media di 24 L.

Analisi dei campioni

Al termine di ciascuna prova sono stati prelevati 11 campioni della capacità di 500 mL (2 prelievi iniziali nella fase di imbrattamento per verificare la concentrazione della soluzione di ossicloruro e 3 prelievi per ciascuna delle tre fasi di lavaggio) che sono stati pesati con una bilancia di precisione (fondo scala 1000 g e risoluzione 0,005 g) e messi in stufa a 105°C per una durata di 48 h per poi essere successivamente ripesati.

Attraverso la determinazione del peso secco dei campioni, ottenuto mediante l'essiccazione in stufa, è stato ricavato il loro *contenuto (g/mL) di ossicloruro di rame (R_{disp})*.

Per determinare l'efficienza di lavaggio, E espressa in percentuale, di ciascun dispositivo, è stata rapportata la quantità di rame riscontrata nei campioni prelevati dopo il lavaggio con il dispositivo (R_{disp}) con quella presente sull'irroratrice (R_{irro}) (rappresentata dalla somma della quantità di rame del campione del lavaggio con il dispositivo e di quella del campione del lavaggio con l'idropulitrice):

$$E (\%) = R_{disp} (g) / R_{irro} (g)$$

RISULTATI E DISCUSSIONE

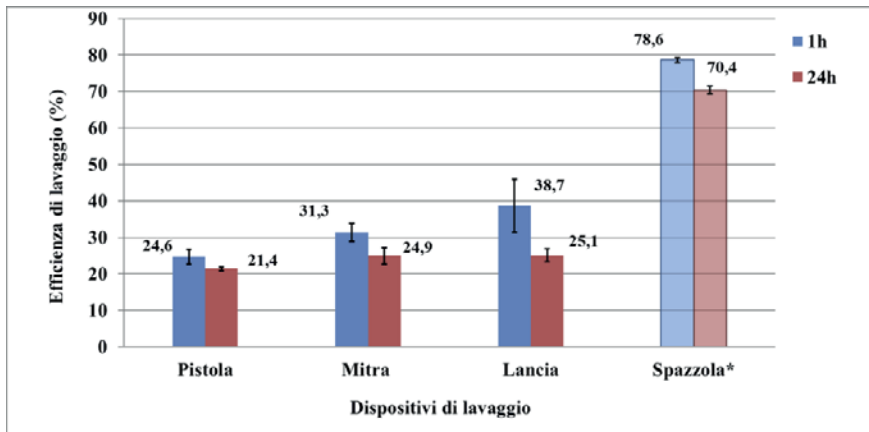
Prove di confronto tra i diversi dispositivi di lavaggio

I risultati dell'efficienza di lavaggio ottenuti nelle prove di confronto dei quattro dispositivi di lavaggio (pistola, mitra, lancia e spazzola) sono stati esaminati in funzione dei due differenti tempi di asciugatura dell'irroratrice al termine dell'imbrattamento (1h e 24 h) (figura 3).

Analizzando l'efficienza dei tre dispositivi (pistola, mitra e lancia) caratterizzati dallo stesso tipo di funzionamento (getto in pressione) ed utilizzati con i medesimi parametri operativi (quantità di acqua impiegata per il lavaggio, pressione di esercizio e ugello) emerge che le percentuali ottenute con il tempo di asciugatura più breve (1h) variano tra il 28% ed il 34%, mentre quelle rilevate con il tempo più lungo (24h) risultano tra loro molto simili (24-25%).

Dall'analisi statistica effettuata (Anova a 2 vie) considerando come variabili il dispositivo di lavaggio ed il tempo di asciugatura dell'irroratrice dopo l'imbrattamento non sono emerse differenze significative ($p = 0,07$).

Figura 3. Percentuali di efficienza di lavaggio ottenuta con i 4 differenti dispositivi di lavaggio (pistola, mitra, lancia e spazzola) utilizzati con due diversi tempi di asciugatura dell'irroratrice dopo l'imbrattamento (1h e 24h)



Nel caso delle prove realizzate con la spazzola i risultati ottenuti sono stati nettamente migliori rispetto agli altri tre dispositivi esaminati con percentuali di efficienza del 78,6% con il tempo di asciugatura più breve e del 70,4% con quello più lungo.

Prove di confronto dei differenti parametri operativi

Le prove realizzate confrontando differenti dimensioni del foro degli ugelli (1,0, 1,2, 1,5 e 2,2 mm) in combinazione con tre pressioni di esercizio (3, 10, 15 bar) non hanno mostrato differenze significative ($p = 0,35$) nell'efficienza di lavaggio legata al tipo di ugello (tabella 3), sebbene le tre tipologie producano gocce molto diverse tra loro con un VMD compreso tra 100 e 200 μm (tabella 2). Al contrario la pressione di lavaggio è risultata significativa ($p = 0,025$) (tabella 3); nello specifico i risultati del test *post hoc* dimostrano che la pressione di esercizio maggiore (15 bar) ha un'efficienza di lavaggio significativamente superiore a quella delle pressioni inferiori (3, 10 bar) e che al contempo queste ultime due non sono tra loro significativamente differenti.

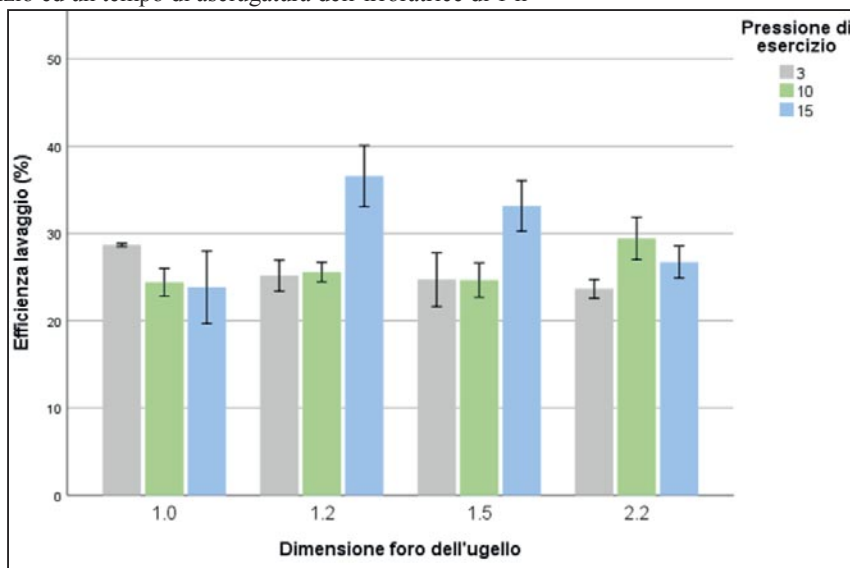
Le percentuali di efficienza nelle prove a 3 e a 10 bar con tutti e quattro i tipi di ugelli impiegati (foro con Ø: 1,0, 1,2, 1,5 e 2,2) è risultata compresa tra il 24 - 28%, mentre con la pressione maggiore (15 bar) è stato riscontrato un lieve incremento del range di efficienza (25-38%) (Figura 4).

Tabella 3. Livelli di significatività ottenuti dall'analisi della varianza – Anova – a due vie sull'efficienza di lavaggio, determinata dal tipo di ugello e dalla pressione utilizzati

Origine	GL	p>(F)	Signif. ^a
Ugello	3	0,352	NS
Pressione	2	0,025	*
Ugello x pressione	6	0,017	*

^a Livello di significatività: NS p>0,05; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Figura 4. Efficienza di lavaggio della pistola impiegata con 4 tipi di ugelli e 3 pressioni di esercizio ed un tempo di asciugatura dell'irroratrice di 1 h

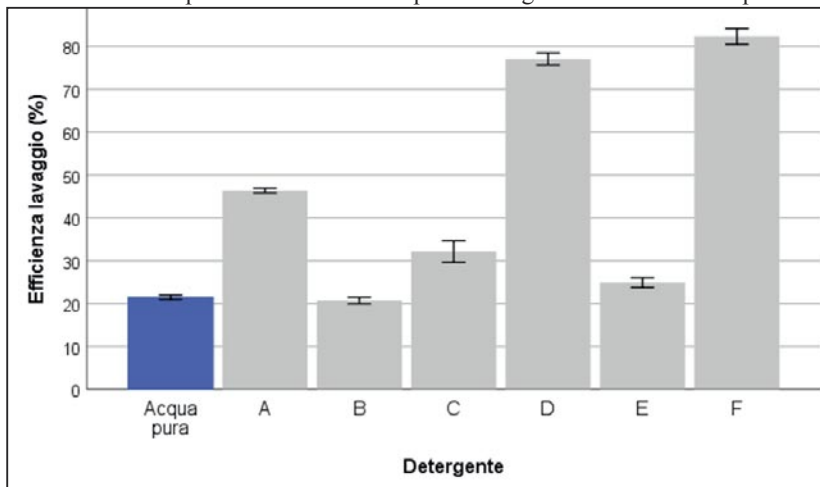


Prove con i detergenti

Quattro dei sei detergenti impiegati, e più precisamente il detergente tensioattivo non ionico (A), la miscela ossidante a base di permanganato di potassio (B), la miscela acida antiossidante (D) e la miscela acida disincrostante (F) hanno fornito un incremento significativo dell'efficienza di lavaggio con percentuali del 50,8%, 33,9%, 74,3% e 82,3%, mentre i restanti due prodotti, ovvero la miscela bilanciata di sequestranti e tensioattivi (B), ed il detergente inorganico basico (E) hanno fatto registrare un valore molto simile a quello ottenuto con l'acqua pulita (efficienza di lavaggio = 22%) (figura 5).

L'analisi statistica dei dati ottenuti (Anova ad una via) considerando come unica variabile l'efficienza di lavaggio riscontrata nelle diverse prove con i detergenti ha evidenziato differenze significative ($p = 0,001$) con i tempi di asciugatura più brevi (figura 5).

Figura 5. Percentuali di efficienza di lavaggio ottenute nelle prove realizzate con i 6 differenti detergenti utilizzati nelle prove svolte con il tempo di asciugatura dell'irroratrice più breve (1h)



CONCLUSIONI

Le prove condotte hanno in generale evidenziato una limitata efficienza di lavaggio della superficie esterna della macchina irroratrice evidenziando le difficoltà ancora presenti nel condurre compiutamente questa operazione. In merito all'analisi sull'utilizzo di diversi tempi di asciugatura dell'irroratrice dopo l'imbrattamento, i migliori livelli di efficienza di lavaggio ottenuti nelle prove sono stati riscontrati quando il lavaggio, indipendentemente dal tipo di dispositivo impiegato, è stato effettuato entro 1h dall'imbrattamento evidenziando quindi l'importanza di eseguire questa operazione immediatamente dopo il trattamento fitoiatrico.

Per quanto riguarda il confronto fra i diversi dispositivi di lavaggio (pistole e lance), non sono emerse differenze significative nell'efficienza di lavaggio, che in alcuni casi è risultata inferiore al 30%. Le prove effettuate con la spazzola hanno invece mostrato livelli di efficienza più elevati con valori superiori al 70%. Tuttavia è necessario considerare che con quest'ultimo dispositivo la quantità di acqua impiegata per il lavaggio è stata notevolmente maggiore (85 L) rispetto a quella utilizzata con gli altri (5 L).

La dimensione delle gocce generate dal dispositivo di lavaggio, sulla base di quanto emerso dalle prove, non è risultata essere un fattore determinante sull'efficienza di lavaggio quando associata a limitati quantitativi di acqua impiegata mentre la variazione della pressione di esercizio ha determinato un effetto significativo soprattutto quando è stata impiegata la pressione maggiore (15 bar).

I detergenti, infine, hanno mostrato in generale un sostanziale incremento dell'efficienza di lavaggio. L'importante ruolo di questi prodotti nell'ottimizzare la pulizia esterna dell'irroratrice è stato evidenziato anche impiegando quantitativi di acqua limitati e con tempi di asciugatura della macchina dopo l'imbrattamento più lunghi (24 h). Tuttavia, è opportuno sottolineare che nel corso delle prove, alcuni dei detergenti impiegati, soprattutto quelli caratterizzati da componenti acide, sono stati responsabili di reazioni chimiche che hanno avuto un effetto negativo sulle parti metalliche del telaio dell'irroratrice (componenti zincate).

Ringraziamenti

Per la fornitura dei materiali e delle attrezzature utilizzati nelle prove si ringraziano:

- Dragone srl, via g. Abbate, 189 Castagnole Lanze (AT) – Italia – (www.dragoneweb.org)
- Braglia srl, via Martin Lutero, 4 Reggio Emilia (RE) – Italia - (www.braglia.it)
- Caffini spa, via Guglielmo Marconi, 2, Palù (VR) – Italia -
- Grupo Jacto, Rua D. Luiz Miranda, 1650 Pompeia – SP- Brasile - (www.jacto.com)
- Salvarani srl, via M. Buonarroti, Poviglio (RE) – Italia - (www.salvarani.com)
- Global Adjuvants Company Ltd, 20-22 Wenlock Road, London, N1 7GU, - UK – (www.global-adjuvants.com)
- Biolchim spa, via San Carlo, 2130 - Medicina (BO) – Italia- (www.biolchim.it)
- Ecospecialisti TC service snc, via Verdi, 77 Oderzo (TV) – Italia – (www.ecospecialisti.it)
- Herbatech srl, Via Belfiore, 242 - Verona (VR) – Italia - (www.herbatech.com)
- Acca spa, Via Leonardo da Vinci 94, Flero (BS) – Italia – (www.acca-spa.com)
- Ecomembrane srl, via Pari Opportunità, 7 -Gadesco Pieve Delmona – (CR) – Italia (www.ecomembrane.com)

LAVORI CITATI

- EN ISO 16119-1 (2013) - Agricultural and forestry machinery — Environmental requirements for sprayers— Part 1: General”.
- ISO 22368-2: 2004: “Crop protection equipment – Test methods for the evaluation of cleaning systems – Part 2: External cleaning of the sprayers”
- Direttiva 2009/127/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 che modifica la Direttiva 2006/42/CE relativa alle macchine per l'applicazione di pesticidi.
- Kreuger, J., 1998. Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990-1996. *The Science of the Total Environment* 216, 227-251.
- Maillet-Mezeray J., Thierry J., Marquet N., Guyot C., Cambon N., 2004. Bassin versant de la Fontaine du Theil – Produire et reconquérir la qualité de l'eau: actions et résultats sur la période 1998-2003. *Perspectives Agricoles* 301:4.
- Neal C., Neal M., Hill L., Wickham H., 2006. River water quality of the River Cherwell: An agricultural clay-dominated catchment in the upper Thames Basin, south eastern England. *The Science of the Total Environment* 360 (1-3), 272-289.
- Balsari P., Marucco P., Oggero G., 2006. External contamination of sprayers in vineyard. *Asp Appl Biol* 2006; 77(1): 215-21.
- Balsari P., Marucco P., Oggero G. and Tamagnone M., 2016, External cleaning of vineyard sprayers: amount and PPP concentration of washings, *Asp Appl Biol* 2016; 132: 249-255.
- Balsari P., Marucco P., 2017, Internal and External Contamination of Sprayers: Causes and Strategies to Minimise Negative Effects on the Environment , *Chemical Engineering Transactions*, 58, 793-798.
- Ramwell C.T., Leak J., Cooper S.E. and Taylor W.A., 2007, The potential environmental impact of pesticides removed from sprayers during cleaning, *Pest Management Science*, 63, 1146-1152.